

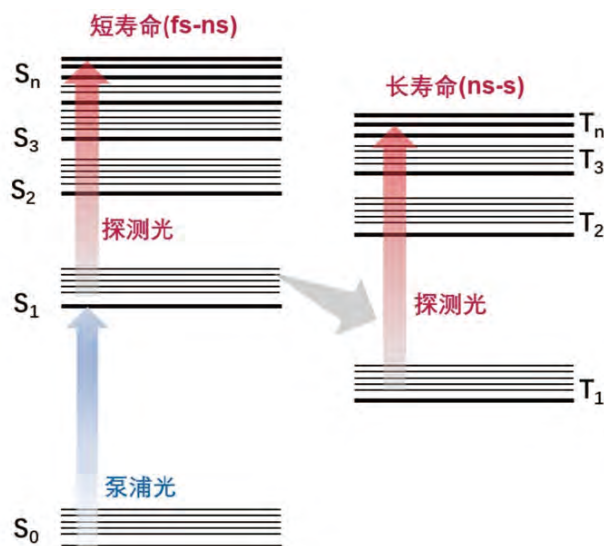
引言

Omni-TA900 飞秒瞬态吸收光谱系统用于研究光电材料、光电器件，有机太阳能电池等激发态光谱和动力学，是在超快时间尺度上研究物理和化学材料体系中各种动力学过程的有效工具，用于能源材料、纳米材料、有机分子材料的光化学过程更深层次的探究和论证。

产品概述

泵浦 - 探测原理

光是调控和测量分子能级跃迁的重要手段，分子受光激发以后发生能级跃迁，这伴随着分子基态和激发态布局数的变化，从而会引起分子或材料系统对光的吸收或发射发生变化。泵浦-探测技术通过一束脉冲光激发样品，用于发生能级跃迁，再利用一束脉冲光对激发态进行探测，连续调节激发光脉冲和探测光脉冲的时间延迟，能够得到激发态随时间变化的动力学过程，实现对激发态弛豫过程的监测。



泵浦 - 探测能级跃迁示意图

飞秒瞬态吸收光谱系统

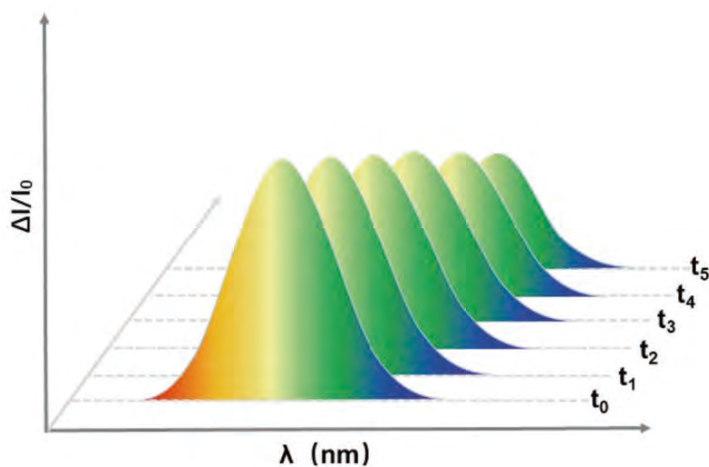
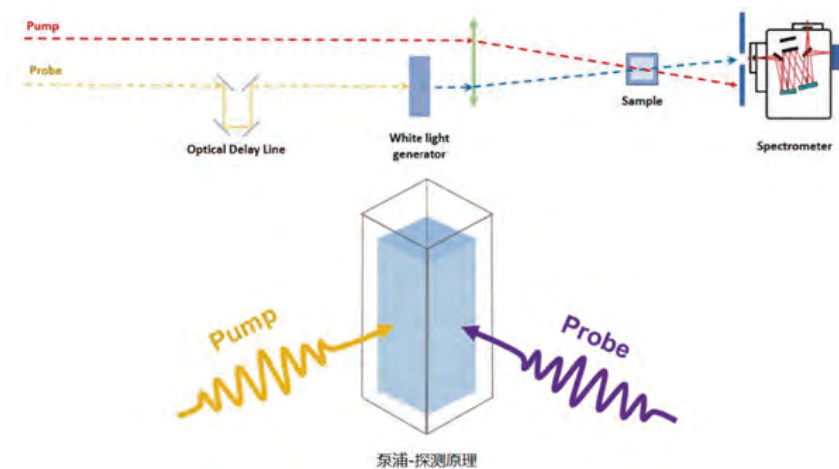
飞秒瞬态吸收光谱是一种在飞秒时间尺度上的时间分辨泵浦-探测（pump-probe）技术，因其时间尺度较短，该方法可以用于探测电子激发态的大部分信息，包括能量转移、电子转移、弛豫以及异构化等研究。该技术手段主要是先用一束泵浦光产生激发态，再用另一束宽光谱范围的探测光对瞬态中间物种吸光度进行光谱测量，能够同时在超快时间和光谱维度对激发态动力学进行测量。

飞秒激光器作为系统光源并分为两路，其中一束作为泵浦光将样品从基态激发到激发态，另外一束光进入白光发生器生成超连续白光作为瞬态吸收的探测光。通过测试有以及无激发光材料吸光度的变化得到瞬态吸收信号。测量原理上，为了提前信噪比，减小探测光抖动造成的假信号，可以将探测光分为两路，一路作为probe光，另一路作为reference光。同时还需要排除背景信号和荧光信号对瞬态吸收信号的影响。

$$\Delta OD = \lg\left(\frac{I_0}{I}\right)_{pump\ on} - \lg\left(\frac{I_0}{I}\right)_{pump\ off}$$

$$= \lg\left(\frac{I_{0\ pump\ on}}{I_{0\ pump\ off}} \cdot \frac{I_{pump\ off}}{I_{pump\ on}}\right) = \lg\left(\frac{I_{pump\ off}}{I_{pump\ on}}\right)$$

材料因内光电效应产生能级跃迁主要发生在飞秒时间，这个过程伴随着随后的激发态弛豫，如电子或空间的复合在随后发生，这些过程主要在皮秒、纳秒时间尺度。对于很多半导体材料，由于内部往往存在缺陷态，还伴随缺陷态参与的更慢时间尺度，包括微秒、毫秒等时间尺度。飞秒瞬态吸收光谱可以得到飞秒-纳秒时间范围内的激发态动力学过程，是研究材料或有机分子 中超快化学、物理过程的有力工具。



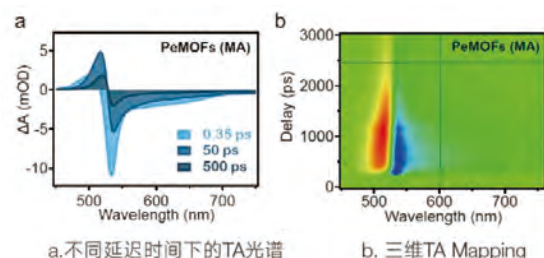
不同时间延迟 (t) 下获取的瞬态吸收光谱

飞秒瞬态吸收光谱应用

作为超快光谱技术之一，飞秒瞬态吸收光谱技术是重要的超快动力学研究手段,不仅可以探究分子的动力学过程，还可以对一些表观层面的现象进行更加深入的理解和阐释。目前已广泛应用于生物、物理、化学、材料等方面的研究。例如新型纳米材料的光电转化机制、光合作用的研究、DNA光损伤机制、光致变色反应等研究。

实测案例一光生载流子转移和复合过程研究

钙钛矿MOFs 材料中的有机金属骨架可提高钙钛矿纳米晶的稳定性，应用于更亮和更稳定的LED 器件，瞬态吸收光谱可以对其进行光物理过程的探测，从而在实验室指导材料设计和生长。右图是一种MOFs 稳定的钙钛矿纳米晶的瞬态吸收光谱图。

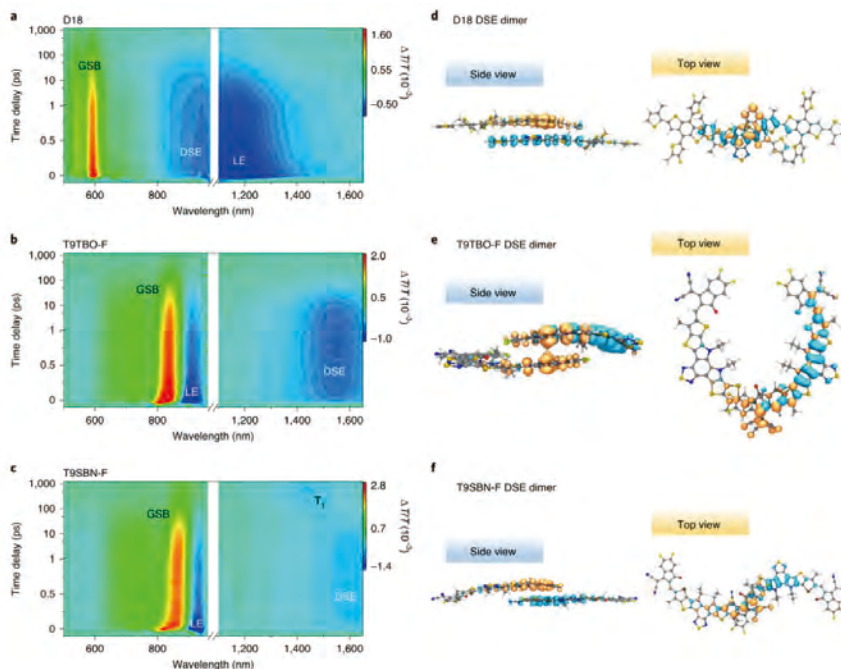


a.不同延迟时间下的TA光谱

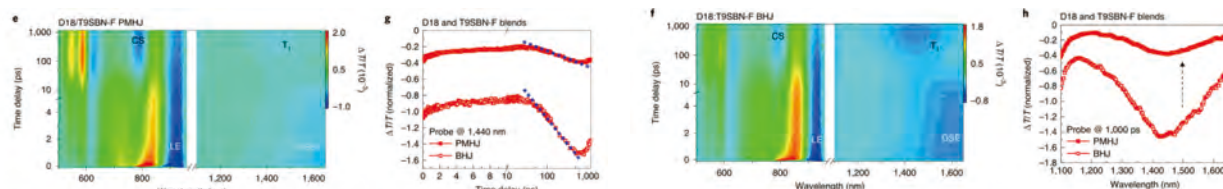
b. 三维TA Mapping

有机太阳能电池 (OSCs) 电荷复合与三重态激子相互作用

高性能有机光伏器件采用体异质结结构，通过众多的给体-受体（D-A）异质结形成的电荷转移态有助于激子态的解离。然而，源自光生载流子复合所产生的电荷转移态的自旋特性会导致形成低能量三重态激子（ T_1 ）并引发弛豫过程发生，从而导致光电流的损失。利用飞秒瞬态吸收光谱研究不同材料构型的激发态光谱和动力学过程发现，使用具有较弱激子结合强度的给体和受体可以减少三重激子态的形成，同时又不牺牲激子解离效率。通过对OSCs电荷复合与三重态激子相互作用机制，讨论了其对材料设计、器件工程 and 光物理的潜在影响，从而为未来有机光伏器件充分发挥其潜力提供了全面的基础。



不同材料的二聚体离域态激子的瞬态吸收光谱和分子动力学模拟结果

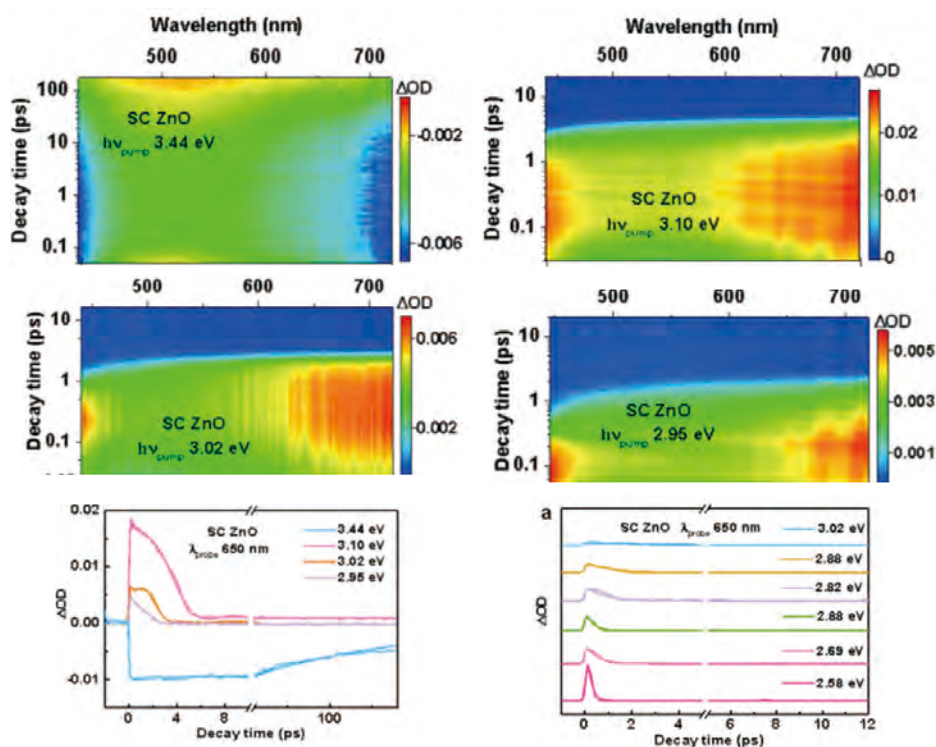


有机太阳能电池不同材料组成的瞬态吸收光谱测试结果

技术参数

飞秒光源中心波长	800±10nm	1030±3nm
探测波长范围 (UV-Vis-NIR)	300-700nm; 400-900nm; 450-1000nm; 900-1700nm;	300-500nm; 380-600nm; 500-1000nm; 900-1600nm
泵浦光波长范围	240-480nm;475-1160nm; 1160-1600nm; 1600nm-2600nm	300-480nm; 600-900nm;1200-2500nm
探测时间窗口	4ns/8ns	
时间分辨率	1.5 倍激光器脉宽	
灵敏度	宽光谱 0.1ΔmOD, 单波长 0.01ΔmOD	
测试模式	反射、透射、背激发	
样品腔	液体、粉末、薄膜	
软件	探测光稳定性监测、光谱预览、光谱矫正、光谱平滑、数据拟合	
功能拓展	微区光谱	
	宽场瞬态吸收成像	
	时间相关单光子计数模块：最小时间间隔 2ps, 最小寿命范围 100ps, 波长分辨率 0.08nm	
	飞秒克尔门时间分辨荧光光谱：光谱范围 400-900nm, 激光脉宽 50fs, 样品寿命测量时间窗口 4ns	

示例数据



单晶氧化锌瞬态吸收光谱测试结果

参考文献

- [1]Jiang, K., Zhang, J., Zhong, C. et al. Suppressed recombination loss in organic photovoltaics adopting a planar-mixed heterojunction architecture. Nat Energy 7, 1076-1086 (2022).
- [2]Gillett, A.J., Privitera, A., Dilmurat, R. et al. The role of charge recombination to triplet excitons in organic solar cells. Nature 597, 666-671 (2021).
- [3]Krishnapriya, K.C., Roy, P., Puttaraju, B. et al. Spin density encodes intramolecular singlet exciton fission in pentacene dimers. Nat Commun 10, 33 (2019).